

研磨機の試作と加工評価

第一技術室 機器開発・試作班

○青山 直樹 峠 正範 山森 英智 川崎 孝俊

1. はじめに

近年，先端科学技術育成センターの主要業務である依頼加工において，依頼品の多様化・高品質化・高精度化が進んでいる．これらの要求に応えるため，各種 NC 工作機械により製品の供給を行っている．中でも，ワイヤ放電加工機は，工具不要・高硬度材料の加工が容易という特徴から稼働率が高い．しかし，加工面には変質層が形成されるため外観品質が劣る欠点がある．一般的には仕上げ加工として研磨が行われているが，当センターは研磨機を所有していないため行われていない．

そこで，本研修ではワイヤ放電加工機による加工品の外観品質向上と設計・加工技術の向上を目標とし，研磨機を設計・試作し，加工品の外観品質および精度の評価を行う．

2. 研磨機

研磨方法には，固定砥粒加工である超仕上げや砥石研磨，遊離砥粒加工であるホーニングやラッピングがある．これらの研磨方法は，平面および円筒面等の一定形状の物を高品質・高精度に仕上げることができる．しかし，依頼される加工品の中には異形状の物も存在し，全てを同じ品質で仕上げることは困難である．そこで，着目したのがバレル研磨である．図 1 にバレル研磨概要を示す．バレル研磨は，バレル(barrel)とよばれる容器の中に工作物と研磨剤および工作液を投入し，回転あるいは振動を与え，工作物と研磨剤の相対運動を発生させて加工を行う研磨方法であり，一度の処理で多数の加工品のバリ取り除去，熱処理後の被膜除去，メッキあるいは塗装前の表面・光沢仕上げが可能である．

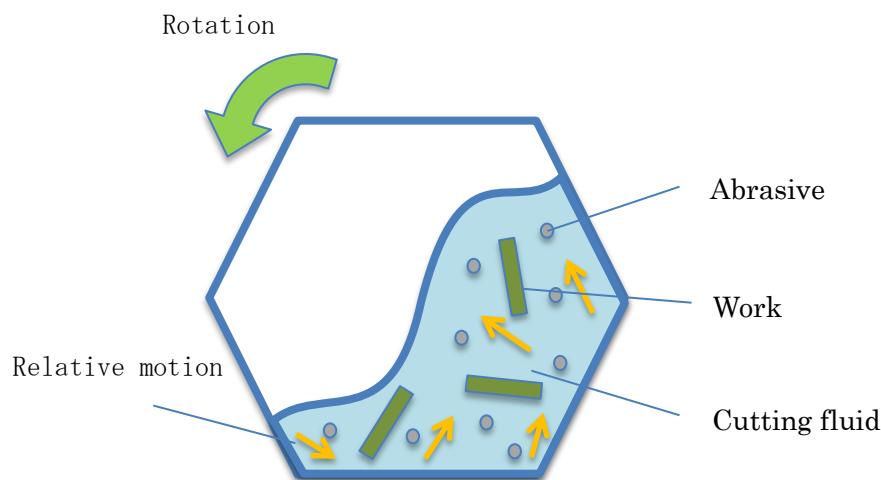


Fig.1 Barrel polishing

3. バレル研磨機の試作

3.1 構造および仕様

機械構造および機械仕様を検討する。予算・部品品質・部品精度を考慮し、業務内容に適している研磨方法および機械構造を選定する。

1) 研磨方法の選定

バレル研磨方法を分類すると、回転式・遠心式・流動式・振動式の4方式に分類される。研磨方法の特性を表1に示す。表1の比較結果より、回転式が業務内容に最も適している研磨方法であった。回転式は他の方式と比較すると研削力および加工量に劣るが、加工品の精度や製作コストに優れていることがわかる。本学における製作依頼品は、小型かつ多品種少数の製品が多く、作業性や柔軟性に優れた小型設備が良いと考えられる。

2) 機械仕様の検討

需要の多いサイズの依頼品や作業性を考慮し、機械・バレルサイズの仕様を決定する。過去の製作依頼品を調査した結果、 $\square 80\text{mm}$ 以下の製作依頼が多いことがわかった。したがって、研磨可能なワークサイズを $\square 80\text{mm}$ とした。つづいて、ワークサイズの上限値を基にバレルのサイズを決定する。バレルの中にワーク・研磨剤・工作液を投入した時の充填率を50%とし、ワークがバレル壁面に干渉せず流動的に動くということを仮定し、バレルサイズを決定した。最後に機械サイズを決定する。作業性を最も重要視し、作業を行う際に負担にならない姿勢を考えた結果、参考にしたのが一般的な作業台である。作業台は、腰部に負担のかかる中腰や前屈の不自然な姿勢を取らないように適正な高さで製作されている。このサイズより、機械サイズを決定した。

以上の結果より、機械仕様を決定した。表2に機械仕様を示す。

Table1 Tumbling barrel properties comparison

| | Rotation | Centrifugal expression | Flow | Vibration |
|-----------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
| Grinding force | \triangle | \odot | \odot | \bigcirc |
| Work size (mm) | 5~100 | 0.1~50 | 10~100 | 20~1000 |
| Quantity of work | \bigcirc | \odot | \odot | \odot |
| Shape precision | \odot | \bigcirc | \triangle | \triangle |
| Finish precision | \odot | \bigcirc | \bigcirc | \triangle |
| Luster of the surface | \odot | \odot | \bigcirc | \bigcirc |
| Machine structure | \odot | \triangle | \triangle | \triangle |
| Machine cost | \odot | \triangle | \bigcirc | \bigcirc |

Table 2 Machine specifications

| | | |
|------------------|-------------------|-----------------------|
| Abrasion method | | Rotation |
| Machine size | mm | 900×600×1100 |
| Barrel size | mm | $\phi 240 \times 380$ |
| Max. work size | mm | 80×80×80 |
| Loading capacity | kg | 8 |
| Rotary speed | min^{-1} | 0~60 |

3.2 研磨機の製作

前項 3.1 で決定した設計仕様を基に機械設計を行い、その後に加工・組立という順序で作業を行った。以下、設計・製作分野別に報告する。

(1)設計

設計は、3D-CAD SolidWorks（Dassault Systemes SolidWorks Corp.製）を使用して行った。SolidWorks は、ハイエンド CAD に分類される CATIA V5 や I-Deas に比べて操作が容易であり、操作性を重視したミドルレンジ CAD である。また、種々の CAM ソフトとの互換性も良く、アカデミック分野や様々な産業界等の幅広い分野で使用されている。

SolidWorks を用いて、バレル研磨試作機の 3D 設計モデルおよび 2D 加工・組立図を作成した。製作工程において、やり直し工数を削減するためには、設計段階で部品干渉チェックや CAE 解析を実施し、仮想シミュレーションを行う必要がある。したがって、3D 設計モデルのパーツモデル同士の干渉チェックを行い、さらに SolidWorks-CAE を用いて強度計算を行った。

(2)製作

製作は、機械組立および電気組立の工程別に行った。

機械組立工程では、汎用工作機械および NC 工作機械を使用し部品製作を行った。これらの製作した部品の溶接および組立を行い、機械構造体を製作した。電気組立工程では、スイッチやモーター、PLC 等の配線を行い、専用ソフトを使用し、起動・停止・タイマー動作の制御プログラムを作成した。

最終工程では、各々の工程で製作した機器を組み合わせて試作機を完成させた。図 2 に各工程および完成写真を示す。

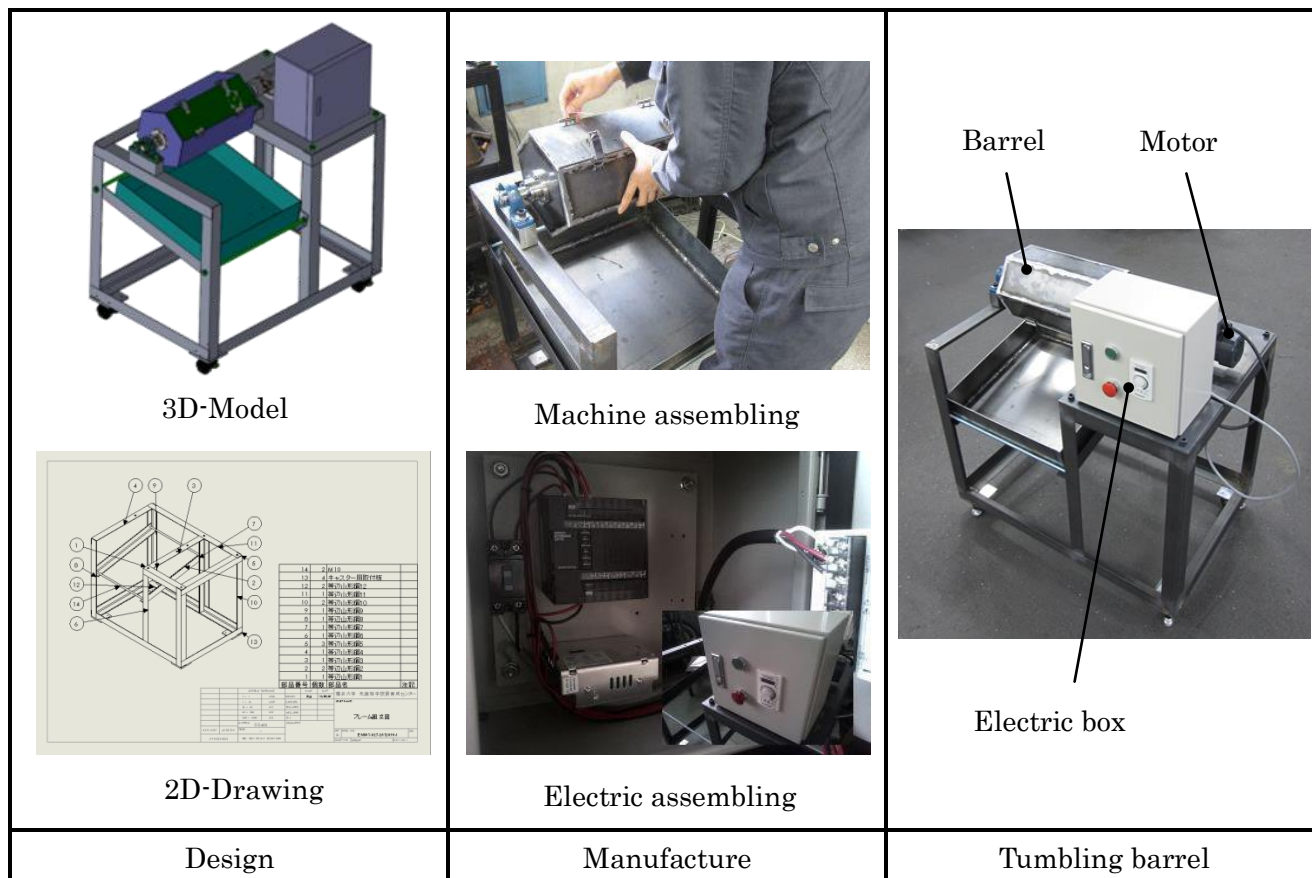


Fig.2 Tumbling barrel facture

4. 研磨面の評価

4.1 評価試験体および研磨条件

バレル研磨試作機を使用し、加工試験を行った。評価試験体はアルミ合金 A2017 をワイヤ放電により加工したブロック $50 \times 50 \times 60 \text{mm}$ を使用した。加工条件は、乾式研磨、回転数 $= 40 \text{min}^{-1}$ 、加工時間 $= 6 \text{h}$ 、研磨剤 = プラスチックメディア（新東工業(株) 製：NFT3 \times 3）を用いて行った。

4.2 評価結果

ワイヤ放電加工機（(株)ソディック製：AG360L）による加工面および本研修で製作したバレル研磨機による研磨面の測定結果を図 3 に示す。表面の測定は、レーザ顕微鏡 (LSM; Laser Scanning Microscopy, オリンパス(株), OLS4000) を用いた。放電加工面は、中央部は $R_z = 10.09 \mu\text{m}$ 、端部は $R_z = 5.63 \mu\text{m}$ となりばらつきが大きく、研磨面は中央部および端部ともに $R_z = 1.5 \mu\text{m}$ 程度であり $R_z = 0.8 \text{S} \sim 3.2 \text{S}$ （三角記号：▽▽▽）となる。以上の結果より、本研修で製作したバレル研磨機は、ばらつきと粗さの大きい放電加工面を簡便かつ均一に研磨できることがわかった。

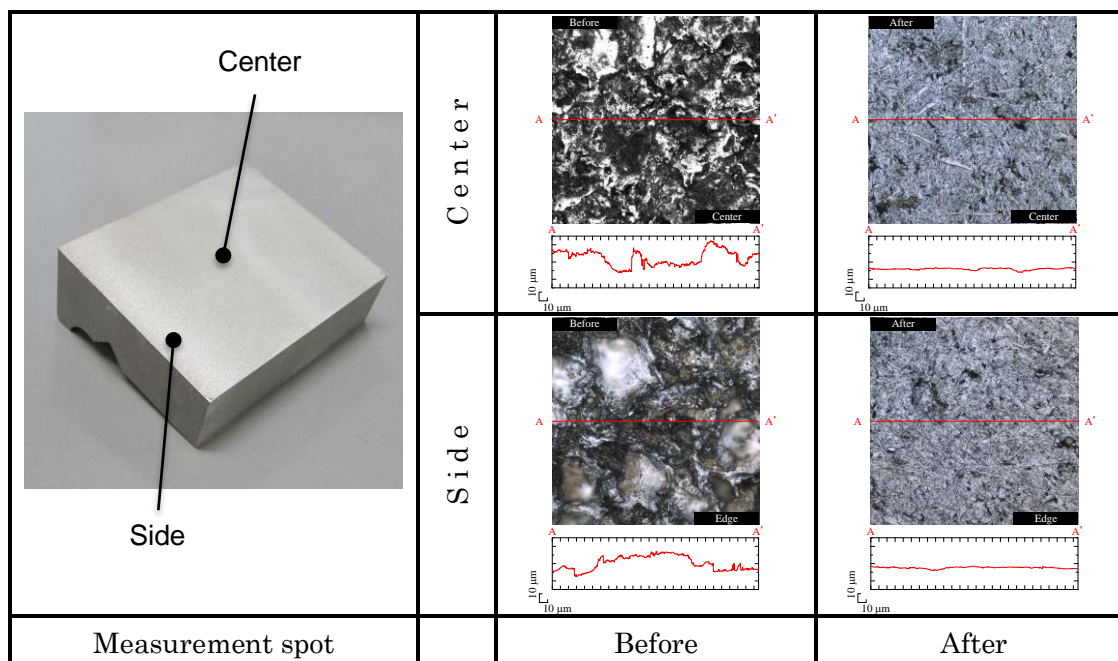


Fig.3 Processing result

5. まとめ

本研修にて、バレル研磨機の設計・試作ならびに試作機を用いた加工評価を実施し、以下の技術・技能を習得した。

- (1) 設計分野において、機械工学（材料学, 材料力学, 機械力学, 制御工学等）の知識習得ならびに CAD・CAE を用いた設計スキルの向上を果たした。
- (2) 製作分野において、機械加工学の知識習得ならびに切削・溶接・組立技能の向上ができた。

さらに、試作機を用いた研磨面の評価より、外観品質や表面粗さの向上に効果があるという結果から試作したバレル研磨機の有効性を実証することができた。

謝辞

本研修にあたり、福井大学大学院工学研究科の宮島敏郎助教に有益なご助言を戴きました。ここに感謝の意を表します。